

Aus dem Pathologischen Institut der
Freien Universität Berlin im Städtischen Krankenhaus Westend
Direktor: Professor Dr. med. Wilhelm Maßhoff

DIE ENTWICKLUNG DES GLOMERULUM
(Nach Untersuchungen an der Maus)

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Armin Fenselau
aus Strausberg Krs. Oberbarnim

1968

Aus dem Pathologischen Institut der Freien Universität
Berlin im Städtischen Krankenhaus Westend

Direktor: Professor Dr. med. Wilhelm M a s h o f f

DIE ENTWICKLUNG DES GLOMERULUM.

(Nach Untersuchungen an der Maus)

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Armin F e n s e l a u
aus Strausberg Krs. Oberbarnim

Dekan: Professor Dr. med. Hans Wolfgang S p i e r
Referent: Professor Dr. med. Wilhelm M a s h o f f
Korreferent: Professor Dr. med. Willy S c h w a r z



Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 1.7.1968

VERZEICHNIS DER INHALT

Der Verfasser dankt der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

der Frau

Meiner Frau



Digitized by the Internet Archive
in 2026

DIE ENTWICKLUNG DES GLOMERULUM

(Nach Untersuchungen an der Maus)

=====

Inhaltsverzeichnis

Einleitung und Problemstellung	S. 2
Material und Methodik	S. 3
Ergebnisse	S. 7
Besprechung	S. 12
Zusammenfassung	S. 22
Schematische Abbildungen	S. 23
Mikrophotografien	S. 30
Literaturverzeichnis	S. 40

DIE ENTWICKLUNG DES GLOMERULUM.
Nach Untersuchungen an der Maus.

Einleitung und Problemstellung

Im Jahre 1842 veröffentlichte Bowman seine wegweisende Arbeit: "On the structure and use of the Malpighian bodies of the kidney with observations on the circulation through the gland." Als wichtigstes und noch heute anerkanntes Ergebnis dieser Arbeit können folgende Feststellungen gelten:

- 1) Das Malpighische Körperchen und der harnführende Tubulus bilden eine strukturelle Einheit.
- 2) Der Endabschnitt des Tubulus besteht aus einer cysten-ähnlichen Erweiterung, die ein Gefäßknäuel kapselartig umschließt.

Bowman selbst hat die entwicklungsgeschichtlichen Vorgänge, die zur Ausbildung der Kapsel und des Gefäßknäuels führen, nicht näher untersucht. Nach Beobachtungen späterer Untersucher, die die einzelnen Schritte in der Entwicklung des Malpighischen Körperchen aufzuklären versuchten, bestehen zwei verschiedene Vorstellungen: Nach Ansicht einiger Autoren differenziert sich die Bowmansche Kapsel aus dem Endabschnitt des Tubulus (REMAK, 1855; TOLDT, 1874; EDWARDS, 1951), während andere meinen, daß sich die Bowmansche Kapsel aus einem Blastem differenziere (HERRING, 1900; SCHREINER, 1902; HUBER, 1905; JOKELAINEN, 1963; POTTER, 1965).

Unmittelbarer Anlass, die Frage der Glomerulumentwicklung wieder aufzugreifen, waren Ergebnisse einer experimentellen Untersuchung von MASSHOFF u. Mitarb. (1966) über die Aminonucleosid-Nephrose. Muttertieren zugeführtes AN erzeugt nämlich eine je nach Dosis, Applikationsart und Zeitpunkt der Applikation verschieden stark ausgeprägte

Hemmung der Nierenentwicklung und im besonderen eine solche der Glomerula. Hierbei erscheinen die Glomerula in verschiedenen Phasen ihrer Entwicklung gehemmt.

Die Frage der normalen Glomerulumentwicklung erneut anzugehen, schien sich auch aus technischen Gründen zu empfehlen. Wir verfügen heute über eine Methode, die zwischen dem konventionellen lichtoptischen und dem elektronenmikroskopischen Untersuchungsverfahren liegt. Dieses als "Dünnschnittmethode" in der elektronenmikroskopischen Präparation bezeichnete Verfahren (BOHLE, 1964; BERNHARD u. Mitarb., 1964; THOENES, 1960; MOVAT, 1961; STOLPMANN, 1965) basiert auf der Verwendung von Fixierungs- und Einbettungsmitteln, wie sie in der Elektronenmikroskopie üblich sind. Auch die Schnittherstellung erfolgt wie in der Elektronenmikroskopie durch Ultramikrotom mit Glasmessern. Auf diese Weise lassen sich entsprechend dünne Schnitte mit einer Dicke von $\sim 1\mu$ auch in Serien herstellen. Eine Färbung dieser Schnitte nach den bekannten histologischen Färbeverfahren ist zwar möglich, ergibt jedoch wegen zu geringer Schnittdicke im allgemeinen keine guten Resultate. Es können sich nicht genügend Farbstoffmoleküle anlagern, um einen ausreichenden Kontrast an den geweblichen Strukturen herzustellen. Daher wurde an Stelle der gewöhnlichen Färbung die Imprägnation der Schnitte mit Schwermetallsalzen nach der aus der konventionellen histologischen Technik entlehnten, jedoch modifizierten Gomori-Methode gewählt. Dieses Schnittverfahren ermöglicht die Herstellung hinreichend dünner Schnitte und zugleich eine bessere und genauere lichtmikroskopische Strukturanalyse.

Material und Methodik

Für die vorliegende Studie wurden Nieren von Mäusen verschiedener Stadien der Fetalentwicklung verwendet. Die Vorteile bei der Verwendung der Niere der Maus für die

Glomerulumuntersuchung bestehen in der verhältnismäßig kurzen Tragezeit, in der exakt bestimmbaren Dauer der Schwangerschaft und schließlich darin, daß von den Nieren der Feten mit den gewählten Verfahren ausreichend großflächige Schnitte hergestellt und untersucht werden können.

Für den Versuch wurden weiße Mäuse des Inzuchtstammes CF₁ mit einem Anfangsgewicht von 16g genommen (10 männliche und 10 weibliche Tiere). Untersucht wurden die Nieren von Feten des 11., 13., 15., 17. und 19. Schwangerschaftstages, ferner von Neugeborenen am 3. und 6. Tage post partum.

Die Schwangerschaft der Mäuse wurde durch Scheidenabstriche nach PREISSECKER (1958) ermittelt. Die Abstriche wurden täglich morgens entnommen und mit 1%igem Methylenblau gefärbt. Nach dieser Methode ergab sich für mehrere Kontrolltiere eine gleiche Tragezeit von 20-21 Tagen.

Für die Gewinnung der zu untersuchenden Nieren wurden die Muttertiere in leichter Äthernarkose laparotomiert, die Uterushörner jeweils in toto exstirpiert und bis zur Präparation der Feten in physiol. NaCl-Lösung aufbewahrt. Die Nieren der Feten, die jünger als 19 Tage waren, wurden unter dem Stereo-Auflichtmikroskop freipräpariert und exstirpiert.

Technik:

I) Fixierung

- 1) Nieren von Feten bis zum 15. Schwangerschaftstag:
 - a) fixieren in 6%igem Glutaraldehyd und Michaelis-Puffer pH 7,42 ohne Zuckerzusatz und über Nacht im Kühlschrank bei einer Temperatur von +4°C belassen
 - b) danach 30 min waschen in phys. NaCl-Lösung; 3 x neue Lösung benutzen
 - c) einlegen in 2%ige Osmiumsäure und 60 min im Kühlschrank bei einer Temperatur von +4°C aufbewahren
 - d) waschen in Michaelis-Puffer ohne Zucker (pH 7,42) für 30 min; 2 x neue Lösung verwenden; aufheben im

Kühlschrank bei einer Temp. von $+4^{\circ}\text{C}$

- e) Entwässerung in unvergälltem Alkohol bei Zimmertemperatur (20°C): in aufsteigender Alkoholreihe je 10-15 min, dann in 100%igem Alkohol 25 min
- 2) Nieren von Feten vom 17. Schwangerschaftstage an und von den Neugeborenen:
 - a) fixieren in 1%iger Osmiumsäure und Michaelis-Puffer (pH 7,42) für 60 min (PALADE, 1952)
 - b) übertragen in Michaelis-Puffer (pH 7,42) 15-30 min; in dieser Zeit 2 x neue Lösung verwenden; aufbewahren im Kühlschrank bei einer Temp. von $+4^{\circ}\text{C}$
 - c) Entwässerung in unvergälltem Alkohol bei Zimmertemperatur (20°C): in aufsteigender Alkoholreihe je 10-15 min, dann in 100%igem Alkohol 25 min

Die Verwendung der "Doppelfixierung" (SABATINI u. Mitarb., 1964; mod. STOLPMANN, 1965) schließt weitgehend die häufig bei alleiniger Osmiumsäure-Fixierung embryonalen Gewebes auftretenden Artefakte aus. Darüber hinaus fixiert 6%iger Glutaraldehyd (12 Std.) das sulzige, leicht zerfließliche Gewebe der Embryonen besser, so daß die Präparation an Embryonen unter dem Auflichtmikroskop überhaupt erst möglich wurde. Im Gegensatz zur Osmiumsäure, die das Gewebe gleichmäßig schwarz färbt, verändert der 6%ige Glutaraldehyd in keiner Weise die Eigenfarbe der Organe, so daß eine zusätzliche gute Orientierungsmöglichkeit gegeben ist.

II) Einbettung

- 1) Die Nieren wurden in flüssiges Plexiglas eingelegt und für 12 Std. in den Kühlschrank bei einer Temp. von $+4^{\circ}\text{C}$ gestellt;
- 2) danach Überführung in Gelatinekapseln und Einbettung in praepolymerisiertes Plexiglas (85 Anteile Metacrylsäure-Buthylester / 15 Anteile Metacrylsäure-Methylester);
- 3) für 12 Std. Aufenthalt im Brutschrank bei einer Temp. von 45°C .

mit Glasmessern wurden auf einem Porter-Blum-Mikrotom Serienschritte angefertigt, wobei versucht wurde, die Organe jeweils in der größten Fläche zu schneiden. Schnitt-dicke $\sim 1 \mu$ bei einer Schnittfläche bis zu 6 mm^2 . Die Schnitte wurden einzeln auf Objektträger aufgezogen, die vorher mit Eiweiß-Glyzerin dünn bestrichen worden waren, um ein Abschwimmen der Schnitte während der Imprägnation zu verhindern.

III) Färbung

(DETTMER u. Mitarb., 1954; MOVAT, 1961; BOHLE, 1964; mod. STOLPMANN, 1965)

- 1) Lösen des Plexiglas in Aceton für etwa 18 Std.;
- 2) lufttrocknen der Schnitte;
- 3) einstellen in 2%iges Natriumbisulfit für 15 min;
- 4) mehrmals in Aqua dest. spülen;
- 5) einstellen in 1%ige Perjodsäurelösung für 10 min
(auf 100 ccm 1%ige Perjodsäure 10 ccm m/5 Natrium-acetatlösung);
- 6) mehrmals in Aqua dest. spülen;
- 7) überführen in Silberhexamethylentetramin-Borax-Lsg. und im Brutschrank bei einer Temp. von 60°C für ca. 45 min belassen;

Lösungsansatz: 40 ccm 3% Hexamethylentetraminlsg.

+ 5 ccm 10% Silbernitratlsg.

= milchige Flüssigkeit (stehenlassen bis weißer Bodensatz entstanden)

zu diesem Ansatz 5 ccm 2% Boraxlsg.

(100 ccm 1,9% Boraxlsg.)

(+10 ccm 1,44% Borsäure)

Gemisch 2 min stehenlassen; 2 x filtrieren.

Von Zeit zu Zeit müssen die Schnitte gegen einen weißen Hintergrund auf eine beginnende Braunfärbung geprüft werden. Danach sollte die Farbintensität unter dem Lichtmikroskop kontrolliert werden. Die Färbung ist optimal, wenn eine gelbbraune Farbe, dem herbstlichen Hainbuchenblatt entsprechend, erreicht ist. Ist die gewünschte

Intensität der Braunfärbung noch nicht erreicht, kann der Schnitt nochmals in die Lösung zurückgestellt werden.

- 8) kurz eintauchen in 5%iges Natriumthiosulfat;
- 9) überführen in Aqua dest.;
- 10) aufsteigende Alkonolreihe;
- 11) eindecken aus Xylol.

IV) Beurteilung

Die Beurteilung aller Präparate erfolgt mit dem Lichtmikroskop.

Ergebnisse

Makroskopisch ist an den Nieren kein besonderer Befund zu erheben. Sie liegen ortsgerecht beiderseits neben der Wirbelsäule und zeigen die typische Bohnenform. Ihre Größe schwankt in den verschiedenen Entwicklungsstufen: Nieren von 11 Tage alten Feten haben eine Größe von $\sim 0,5 \times 1$ mm, diejenigen von Tieren 6 Tage post partum von $\sim 1 \times 3$ mm. Die mit der Dünnschnittmethode gewonnenen Großflächenschnitte der Nieren zeigen bei stärkerer Lupenvergrößerung alle im Markbereich quer und längs getroffene Sammelrohre; im Mark-Rinden-Bereich je nach Alter der Niere Glomerula mit zum Teil voll ausgebildeter Bowmanscher Kapsel; im Rinden-Kapsel-Bereich längs- und kreisförmig verlaufende Zellstränge ohne Ausbildung von glomerulären Gefäßknäueln sowie ohne Kapselbildung. Insgesamt findet sich grundsätzlich eine zentrifugale Differenzierungsrichtung vom Mark gegen die Rinde.

Bei der folgenden Beschreibung der Präparate wird von den Strukturen ausgegangen, die sich in Nieren von 11 Tage alten Feten finden. Anschließend erfolgt die Darstellung der weiteren Entwicklungsphasen.

1.) Jeder gegen die Peripherie der Niere vorwachsende Sammelrohrsproß (Abb. 1a) wird in der Rinde von einer

Zellanhäufung bedeckt (Abb. 1b), die dreidimensional einer Kappe (Baskenmütze) vergleichbar ist. Die Zellen liegen um das kolbenförmig aufgetriebene und peripher verschlossene Sammelrohr ein- bis zweireihig radiär angeordnet. Die Kerne dieser Zellen sind sehr groß und nur von einem schmalen Plasmasaum umgeben. Das Sammelrohr, bei dem ein Lumen klar zu erkennen ist, wird von einer basalen Membran umgeben, die sich als ununterbrochene Linie abhebt (Abb. 1c). Ein Zylinderepithel kleidet das Sammelrohr innen aus; die Zellkerne sind oval bis rund und basal gelegen.

2.) In der nächsten Entwicklungsphase wird an der kappenförmigen Zellanhäufung über dem Sammelrohr eine Veränderung beobachtet. Im Bereich des kreisförmigen Kappenrands lösen sich an zwei Stellen, die etwa 180° voneinander entfernt liegen, jeweils mehrere Zellen aus dem Verband. Sie bilden ein kreisförmiges Körperchen (Abb. 2a), dessen einzelne Zellen sehr plasmareich sind und einen runden und basal gelegenen Kern aufweisen. Räumlich gesehen liegen demnach die beschriebenen Körperchen einander gegenüber, so daß sie bei der Vielzahl der möglichen Schnittebenen nicht immer gemeinsam getroffen werden. Die Körperchen sind unterschiedlich groß. Während bei den kleineren die Zellen in der Mitte zusammenstossen, weisen die größeren bereits ein Lumen auf. Sie können nunmehr als renale Bläschen bezeichnet werden (Abb. 2a). Zugleich mit dem Auftreten der Bläschen zeigen sich am kolbenförmig erweiterten Sammelrohrabschnitt zwei knospenartige Ausbuchtungen (Abb. 2b), die sich direkt über den beschriebenen Bläschen ausbilden. Die basale Membran und das Epithel gleichen dem des Sammelrohrs. Die knospenartigen Auswüchse, die Seitensprossen des Sammelrohres weisen von Anfang an ein Lumen auf und sind am Ende blind verschlossen.

3.) Im weiteren Verlauf der Entwicklung, bei etwa 17-19 Tage alten Feten, zeigen die Bläschen eine Zellzunahme. Ihre anfangs kugelige Figur weist jetzt einen eiförmigen

Querschnitt auf (Abb. 3b), wobei die Längsachse dieser Gebilde parallel zur Achse des Sammelrohres verläuft. In Nieren von 13 bis 15 Tage alten Feten fällt eine nur geringe Überlappung des apicalen Bläschenpols durch den Seitensproß auf (Abb. 2b). Im weiteren Verlauf der Entwicklung erscheinen Seitensprossen, die den apicalen Pol voll überdecken oder der sammelrohrfernen Wand des Bläschen eng angelagert sind (Abb. 3c). Es entsteht ein im Uhrzeigersinn und ein im Gegenuhrzeigersinn eingekreistes Bläschen. In dem Raum zwischen der zylinderförmigen Struktur des Sammelrohres und dem eiförmigen Bläschen erkennt man schon bei 13 Tage alten Feten eine Kapillare (Abb. 3d). In Serienschnitten kann ihr Verlauf verfolgt werden. Die Kapillare liegt zunächst parallel zum Sammelrohr und bleibt diesem bis zur Aufzweigung in die beiden Seitensprossen eng angelagert. Dann verläuft sie auf der Oberfläche des Bläschen parallel zum Seitensproß (Abb. 3d).

4.) Zwischen den bisher getrennten Hohlräumen, dem Seitensproß und dem Bläschen, wird nunmehr eine Verbindung hergestellt (Abb. 4a). Diese findet sich stets an der Stelle, an der die Spitze des Seitensprosses das Bläschen erreicht. Im vertikalen^x Schnitt erkennt man eine ovale Struktur, das Bläschen (Abb. 4a), dem schornsteinartig seitlich ein zylindrischer Seitensproß (Abb. 4b) aufsitzt. Es hängt von der Schnittebene ab, ob sich der Seitensproß als Gewebsstrang darstellt oder als ein von einschichtigem Epithel ausgekleideter Zylinder erscheint. Im horizontalen Schnitt lassen sich zwei aneinanderliegende, unterschiedlich große, kreisförmige Gebilde, Seitensproß und Bläschen (Abb. 5), darstellen, die von einer basalen Membran umgeben sind, der ein einschichtiges Epithel aufsitzt. An der Berührungsstelle fehlen sowohl die einer basalen Membran entsprechende dunkle Linie als auch die ihr auf-

^x Zur Bezeichnung der folgenden Schnittebenen (vertikal bzw. horizontal) ist die Bezugsgröße die Ebene der Längsachse von Sammelrohr und Bläschen.

sitzenden Zellen, so daß die Form einer Acht entsteht.

5.) Wenn Seitensproß und Bläschen sich vereinigt haben, wird im vertikalen Schnitt direkt medullarwärts von dieser Verbindung am Unterrand des Seitensprosses (Abb. 6a) ein keilförmiger Spalt sichtbar. Er wird von einer basalen Membran begrenzt, die auch Sammelrohr und Bläschen umgibt (Abb. 6e). Die Zellen, die den Spalt auf der Innenseite des Bläschens begrenzen, sind gestreckt und flach (Abb. 6f). Im horizontalen Schnitt erscheint der Spalt als schmale sichelförmige Furche (Abb. 7), die an ihrer konkaven Seite begrenzt wird von dem Seitensproß (Abb. 7a) und an der konvexen Seite von einer halbmondförmigen Zellanordnung, dem lippenförmigen Wulst des Bläschens (Abb. 7b). In allen Schnitten lassen sich in dem Spalt homogene Erythrozyten entsprechende Zellen feststellen. Die gleichzeitig nachweisbaren dunklen Zellkerne stellen nach Größe, Form und Anordnung Endothelzellen dar. Es handelt sich also um ein kapilläres Gefäß (Abb. 6d und 7c).

6.) Der geschilderte Spalt wird allmählich immer tiefer (Abb. 8a). Die Zellen, die den Spalt auf der Innenseite des sich nunmehr entwickelnden Bläschens begrenzen, liegen jetzt dicht den Epithelzellen der gegenüberliegenden Wand an, die ihrerseits abgeflacht erscheinen (Abb. 8c). Zwischen den Epithellagen zeichnet sich in manchen vertikalen Schnitten ein Hohlraum ab (Abb. 8d).

7.) Der anfangs keilförmige Spalt erfährt im weiteren Verlauf sowohl in vertikalen als auch in horizontalen Schnitten eine neue Umwandlung. Der zunächst breite obere Abschnitt des Spalts ist nunmehr schmal; ihn durchziehen zwei Kapillaren. Der zuerst enge untere Abschnitt wird dagegen ballonartig erweitert. In dem entstandenen Raum befindet sich ein Konglomerat von Mesencnymzellen (Abb. 9a). Die in diesen Raum hineinziehenden Kapillaren (Abb. 9b) verlaufen fast geradlinig am Rand des Zellkonglomerats entlang in die Peripherie. Dort trifft man kreisrunde bis

ovale, Erythrozyten enthaltende Hohlräume von Kapillaren an (Abb. 9c). In Serienschnitten erkennt man, daß die Hohlräume untereinander in Verbindung stehen. Sie stellen ein ununterbrochenes, schlauchartiges Geflecht dar, das mit den in den ballonartig erweiterten Raum hineinziehenden Kapillaren in Verbindung steht. Eine Grundmembran verläuft über die kreisförmigen Hohlräume und senkt sich auch in deren Zwischenräume (Abb. 9d) hinein. Insgesamt resultiert eine geschlängelte, einer Basalmembran entsprechende Linie, der innen und außen Zellen angelagert sind. Die inneren ähneln nach Größe, Form und Färbbarkeit Endothelzellen (Abb. 9e). Die äußeren besitzen einen großen Kern und berühren mit ihrem Plasma füßchenartig die Hohlräume (Abb. 9f).

In Nieren vom 3. Tag post partum hebt sich die Basalmembran durch sehr kräftige Anfärbung deutlich als dunkler Streifen ab. Je nach der Lage der Schnittebene durch den Innenraum und durch das in ihm befindliche Kapillarknäuel kommt ein unterschiedlicher Membranverlauf zur Darstellung. Verläuft die Schnittebene durch den Hilus des Bläschens, so zieht die Membran zuerst vom Hilus in die Peripherie, von dort mehrmals mäanderartig in das Zellkonglomerat hinein und läuft dann zum Hilus zurück, etwa mit den Umrissen einer gespreizten Hand vergleichbar. In anderen Schnittebenen durch das Kapillarknäuel werden etwas bizarre Gebilde sichtbar. In Serienschnitten wird aber deutlich, daß sich diese in schmale nebeneinanderliegende geschlängelte Bänder von unterschiedlichem Durchmesser auflösen (Abb. 10). Die der dunkel gefärbten Membran außen und innen anliegenden Zellen entsprechen den in Abb. 9e,f beschriebenen; es handelt sich um Endothelien. Die Erythrozyten werden stets nur innerhalb dieser Gebilde angetroffen und liegen dort stets dicht an der Membran.

Nach der morphologischen Analyse können die einzelnen Phasen der Glomerulumentwicklung folgendermaßen charakte-

risiert werden:

- 1.) **Kappenförmiges mesenchymales Blastem** auf jedem **Sammelrohrabschnitt**.
- 2.) **Ausbildung renaler Bläschen** beiderseits des sich teilenden **Sammelrohres**.
- 3.) Die **Bläschenanlagen** werden von den Seitensprossen des **Sammelrohres** im Uhrzeigersinn und im Gegenuhrzeigersinn **unwachsen**.
Es treten zwei dem **Sammelrohr** benachbarte **Kapillaren** auf, die jeweils der Wachstumsrichtung der Seitensprossen des **Sammelrohres** folgen.
- 4.) Zwischen **Seitensproß** und **Bläschen** wird eine **Verbindung** hergestellt.
- 5.) **Es** wird eine **sichelförmige Furche** im **Bläschen** ausgebildet; in dieser erscheint eine **Kapillare**.
- 6.) Die **sichelförmige Furche** wird vertieft und ein **feiner Hohlraum** zwischen einander gegenüberliegenden **Epithelagen** ausgebildet.
- 7.) Die **Furche** erfährt eine **ballonartige Erweiterung**, die **Mesenchymzellen** und **Kapillaren** differenzieren sich in diesem Raum zum späteren **Kapillarknäuel** aus.

Besprechung

Die Niere des Säugers entsteht aus dem Mesoderm und entwickelt sich aus drei einander folgenden Anlagen, dem Pronephros (Vorniere), dem Mesonephros (Urnieren) und dem Metanephros (Nachnieren). Die Nachnieren entstehen aus der vom Wolffschen Gang aussprossenden Ureterknospe und dem metanephrogenen Blastem. Die Ureterknospe bildet Ureter, Nierenbecken mit Keimern und die Sammelrohre, das metanephrogene Gewebe umgibt den eigentlichen tubulären Apparat, das Nephron. Die weitere Entwicklung der Ureterknospe zum Sammelrohr geht in der Weise vor sich, daß die Verzweigung erster Ordnung solche zweiter Ordnung aus sich hervorgehen läßt. Auf diese folgen Verzweigungen dritter,

vierter Ordnung und so fort (STARCK, 1955).

Nach REMAK (1855) und TOLDT (1874) soll aus jedem Sammelrohr der blind endende dilatierende Tubulus aussprossen und beim Vorwachsen gegen die Nierenperipherie auf ein vorgebildetes Kapillarknäuel stoßen. Die Bowmansche Kapsel soll sich durch Vorwachsen des Tubulus gegen das Kapillarknäuel bilden (REMAK) oder infolge Invagination durch das Kapillarknäuel (TOLDT) entstehen. EDWARDS (1951) vertritt ebenfalls die Invaginationstheorie, jedoch nimmt er frei endende Kapillarknospen an. HALL (1955), HALL und ROTH (1956), KURTZ (1958) kommen auf Grund von elektronenmikroskopischen Untersuchungen zu der Feststellung, daß die Bowmansche Kapsel sich durch Spaltbildung aus einer soliden Zellmasse entwickelt, die nahe dem gewundenen Tubulus liegt. Aus einer zweiten der ersten eng benachbarten Zellanhäufung soll sich das Gefäßknäuel in situ entwickeln.

Nach den eigenen Ergebnissen sind diese Vorstellungen von der Entstehung der Bowmanschen Kapsel sehr unwahrscheinlich. Die von uns erhobenen Befunde lassen sich vielmehr mit den Beobachtungen von HERRING (1900), SCHREINER (1902), HUBER (1905), JOKELAINEN (1963), POTTER (1965) gut in Einklang bringen. In Übereinstimmung mit diesen Untersuchern ist der Beginn der Glomerulumentwicklung in dem Vorwachsen eines Sammelrohrsprosses in die Peripherie der Niere zu erblicken. Dieser Sproß ist an seinem Ende blind verschlossen, kolbenförmig aufgetrieben und von einem mesenchymalen Blastem kappenförmig überdeckt. Aus diesem Blastem, das dreidimensional gesehen wie eine "Baskenmütze" dem Sproßende aufsitzt, trennen sich am Kappenrand Zellen ab, die sich zu zwei Bläschen umgruppieren, die ihrerseits nahe dem Sammelrohr einander gegenüberliegen. Die Tatsache, daß zwei Kapillaren das Sammelrohr in seiner zentrifugalen Wachstumsrichtung begleiten, war von den genannten Autoren aber nicht beobachtet worden. Dies mag darin seine Erklärung finden, daß sie auf Grund der üblichen

Methoden keine Ein-Zell-Schicht-Serienschnitte herstellen konnten.

In der folgenden Entwicklungsphase knospen aus dem Sammelrohr zwei Seitensprosse aus. Diese liegen in derselben vertikalen Ebene wie die beiden gegenüberliegenden Bläschen, und zwar oberhalb von diesen. Die das Sammelrohr beiderseits begleitenden Kapillaren stossen während ihres weiteren Wachstums von unten gegen die ausknospenden Sammelrohrsprosse und werden auf diese Weise aus ihrer zentrifugalen Wachstumsrichtung abgelenkt.

Anschließend wächst jeder Seitensproß, der Oberfläche des nun vergrößerten eiförmigen Bläschens eng angelagert, medullarwärts. Die Kapillare erreicht ebenfalls die Bläschenoberfläche und folgt der Wachstumsrichtung des Seitensprosses. Dadurch werden die beiderseits vom Sammelrohr liegenden Bläschen das eine Mal im Uhrzeigersinn und das andere Mal im Gegenuhrzeigersinn umwachsen.

Nach diesem Entwicklungsstadium erfolgt die Verbindung zwischen dem Seitensproß und dem Bläschen; und zwar geschieht dies an der Stelle, an der jeweils die Spitze des Seitensprosses die Bläschenwand erreicht. Zur gleichen Zeit entsteht eine halbkreisförmige hilusartige Furche im Bläschen direkt medullarwärts von der Verbindung, indem die Zellen der sammelrohrfernen Bläschenwand auf die sammelrohrnahe vorrücken. JOKELAINEN (1963) hat diese Einsenkung der Bläschenwand als erster beschrieben und außerdem nach vergleichender Morphologie auf eine wichtige Zellunterscheidung aufmerksam gemacht. Dies hat POTTER (1965) bestätigt. Er bezeichnet die Zellen oberhalb der Furche als "Urzellen des Tubulus", die Zellen unterhalb der Furche als "Urzellen der Bowmanschen Kapsel". JOKELAINEN hält jedoch die Ausbildung dieser verschiedenen Zellen für eine Differenzierungsleistung des Bläschens selbst, da er die von HERRING entwickelte Vorstellung ver-

tritt, daß sich die Bowmansche Kapsel unabhängig vom Sammelrohr ausbildet.

In der weiteren Entwicklung stößt die vorwachsende Kapillare gegen den durch Einfurchung entstandenen medullwärts gelegenen lippenförmigen Wulst des Bläschens. Hierdurch ist die Kapillare offensichtlich gezwungen, ihre bisherige Wachstumsrichtung zu ändern und sich an dem Boden der Furche zu orientieren. Die Existenz einer Kapillare wird von HERRING, HUBER, SCHREINER und JOKELAINEN abgelehnt, dagegen von POTTER (in Anlehnung an OSATHANONDH) bestätigt. Übereinstimmend verlegen alle Untersucher die Entwicklung des Kapillarknäuels in diesen Raum. Und zwar verläuft die Bildung der Kapillaren nach HERRING in situ durch die Ausdifferenzierung von mesenchymalen Stromazellen; nach SCHREINER und HUBER aus vaskularisiertem Mesenchym; nach JOKELAINEN in situ aus Interzellularräumen zwischen endothelialen Urzellen, die sich zu sinusoidähnlichen Räumen ausweiten und schließlich nach POTTER durch eine von außen einziehende Kapillare, die sich in mehrere Zweige aufsplittet und zu einem Gefäß wieder vereint.

Sodann wird die Furche durch das Vorrücken der eingestülpten Bläschenwand immer tiefer. Die Epithellagen des Bläschens berühren sich schließlich, wodurch der Innenraum verschwindet. Durch den Wachstumsdruck der Kapillare auf die Seitenwände der Furche und die mitotische Aktivität der Zellen in der Bläschenwand schließt sich das zur Halbkugel eingestülpte Bläschen tabaksbeutelartig von allen Seiten langsam über der Kapillare und den im Schlingbogen mit in die Furche hineingeglittenen Zellen. Es bleibt schließlich nur eine kleine Öffnung, durch die die beiden Schenkel der eingeschlossenen Kapillare ziehen. Zugleich tritt zwischen den Epithellagen des Bläschens wieder ein Hohlraum auf. In diesem Stadium der Entwicklung sind die Primitivstrukturen des Nephron ausgebildet; nämlich

1. Seitensproß = Tubulus, 2. eingestülptes Bläschen = Bowmansche Kapsel, 3. eingeschlossene Kapillare = erste Glomerulumschlinge und 4. Hohlraum zwischen Epithellagen = Bowmanscher Kapselraum.

In der folgenden Entwicklungsphase beginnt die Ausdifferenzierung des Malpighischen Körperchens. Die sich nunmehr darstellende erneute Hohlraumbildung zwischen den beiden Epithellagen könnte mit dem Beginn der glomerulären Filtration zusammenfallen. Im Kapselraum sind nunmehr folgende Strukturen nachweisbar: Ein Zellkonglomerat in dem Schlingenbogen der Kapillare, eine Kapillare an der Peripherie des Zellkonglomerats und die viscerale Membran der Bowmanschen Kapsel.

Der Kapillarverlauf in der Kapsel

In jungen Glomerula verläuft eine Kapillare geradlinig vom vas afferens kommend am Rande des Zellkonglomerats entlang direkt in die Peripherie, erfährt dort eine starke Schlingung und kehrt gestreckt als vas efferens zurück. In älteren Glomerula nehmen die geradlinig verlaufenden Anteile der Kapillare in Richtung auf den Hilus der Kapsel zu. Dieses ist ersichtlich an der mäanderartig verlaufenden linienförmigen Membran, die - wie noch zu beschreiben ist - das Kapillargrundhäutchen darstellt. Das Zellkonglomerat im Kapillarschlingenbogen, das dem Glomerulumstiel entspricht, erscheint hierbei vermindert. Diese zum Hilus der Kapsel geradlinig verlaufenden Kapillaranteile entstehen offensichtlich aus den im Befund beschriebenen stark geschlängelten Querzügen, die durch ihr Wachstum den frei werdenden Kapselraum ausnutzen. Damit werden die Befunde von JOHNSTON (1899) bestätigt, der schon auf verschieden lange Kapillarzüge im Gefäßknäuel hingewiesen hat. Die Aufzweigung des vas afferens in mehrere Kapillaren und deren Wiederverschmelzung zu einem vas efferens, wie von BOWMAN (1842) beschrieben, kommt sicher nicht vor. Es gibt nur eine Kapillare in der Bowmanschen Kapsel, die so-

wohl infolge ihres Längenwachstums als auch durch die Raumverhältnisse in der Kapsel einen gewundenen Verlauf einnimmt. Daraus resultiert das Gefäßknäuel.

Der Glomerulumstiel

MAC GREGOR (1929) hat auf die Ähnlichkeit der Zellen des Glomerulumstiels mit den Endothelzellen des vas afferens bzw. efferens aufmerksam gemacht. ZIMMERMANN (1933) hielt diese Zellen für Fibrozyten, zog aber später den neutralen Begriff der "3. Zelle" im Glomerulum vor zum Unterschied zu den Epithelzellen der Bowmanschen Kapsel und den Endothelzellen der Kapillaren.

Die eigenen Befunde lassen vermuten, daß diese Zellen ein Reservoir für den Nachschub an Endothelzellen darstellen, da ihre Zahl mit Zunahme der Kapillaren abnimmt. Die Gesamtheit dieser Zellen bezeichnet ZIMMERMANN als "Mesangium", das seiner Ansicht nach eine Aufhängevorrichtung für die Kapillaren darstellt, da diese nie frei in den Kapselraum ragend anzutreffen sind.

Die Befunde von ZIMMERMANN können wir voll bestätigen. Wir finden die Kapillare stets an der Außenfläche des Glomerulumstiels entlangziehend. Somit kann die räumliche Anordnung des Glomerulumstiels in der Bowmanschen Kapsel mit dem Gekröse in der Bauchhöhle verglichen werden, an dessen freiem Rand der Dünndarm verläuft.

Beziehung zwischen dem visceralen Blatt der Kapsel und der glomerulären Basalmembran

Die glomeruläre Basalmembran bildet sich nach MAC GREGOR (1929), BOHLE (1955) und ELIAS (1957) durch die Verbindung der Basalmembran des vas afferens bzw. efferens mit dem visceralen Blatt der Bowmanschen Kapsel. YAMADA (1955) hat darauf hingewiesen, daß die glomeruläre Basalmembran stets die Oberfläche der Kapillare, die dem Glomerulumstiel zugewandt ist, frei läßt. Dies wird durch die eigenen Befunde bestätigt. Aus innen ergibt sich nämlich, daß das

viscerale Blatt der Bowmanschen Kapsel aus der äußeren Wand des eingestülpten Bläschens hervorgent, und sich die Kapillare dieser Wand nach Schluß des Bläschens eng anschmiegt bzw. sich in die Wand eindrückt. Somit kann das viscerale Blatt der Kapsel mit dem Peritoneum verglichen werden. Wie sich der Dünndarm in das Peritoneum durch Wachstumsdruck vordrängt und nur zu etwa $\frac{3}{4}$ seiner Oberfläche von Serosa überzogen ist, so stülpen die Kapillarwindungen des Gefäßknäuels das viscerale Blatt der Bowmanschen Kapsel ein und werden auch nur zu $\frac{3}{4}$ ihrer Oberfläche von der Membran umhüllt, wobei der schmale Saum auf der Kapillaroberfläche, der dem Glomerulumstiel zugewandt ist, frei bleibt.

Da sich das Kapillargrundhäutchen nicht so deutlich darstellen läßt wie die viscerale Membran der Bowmanschen Kapsel, stellen sich im Präparat nur solche Kapillarbegrenzungen als dunkel hervortretende Linien dar, die vom visceralen Blatt der Kapsel bedeckt sind. Dadurch entstehen in den einzelnen Schnittebenen verschiedenartige Bilder.

1) Im Schnitt durch die Hilusebene eines jungen Glomerulum verläuft die Kapillare am Rand des Glomerulumstiels. Nur die der Peripherie der Kapsel zugewendete Seite der Kapillare zeigt eine deutlich erkennbare Begrenzung in Gestalt einer sich imprägnierenden Linie, die dem Längszug des afferenten Kapillarschenkels folgend in die Peripherie des Glomerulumstiels zieht, dort girlandenartig angeordnet ist und dem efferenten Kapillarschenkel folgend zum Hilus zurückkehrt. Wie weit die Umhüllung der Kapillare durch das viscerale Blatt der Kapsel fortgeschritten ist, zeigt sich an dem Verlauf der Membran, die mehr oder weniger tief in die Räume zwischen den quergetroffenen Kapillarwindungen hineinzieht.

2) In einem Schnitt, dessen Ebene im rechten Winkel zu der soeben beschriebenen verläuft, stellt sich die der Peri-

pherie zugewendete Seite der Kapillare wiederum als dunkle nunmehr aber kreisförmige Linie dar, die girlandenartig von Kapillarquerschnitt zu Kapillarquerschnitt zu verfolgen ist.

3) Die Zufälligkeit anderer Schnittebenen durch das Kapillarknäuel läßt auch bizarre Formen zum Vorschein kommen, die sich aber immer dadurch auszeichnen, daß die als dunkle Linie sich darstellende Membran in sich geschlossen ist. Oft lösen sich diese bizarren Formen im Serienschnitt in die beobachteten geschlängelten Bänder auf. Hierbei handelt es sich vermutlich um Tangentialschnitte am Gefäßknäuel. Wie schon erläutert, sind in diesem Bereich die Kapillarzüge so weit vom visceralen Blatt der Kapsel bedeckt, daß sich im Längsschnitt durch eine Kapillare beide Begrenzungen als dunkel imprägnierte Linien darstellen. Der unregelmäßige Abstand der Kapillargrundhäutchen wird dadurch hervorgerufen, daß die Schnittebene das eine Mal die Kapillare nur tangential (geringer Abstand), das andere Mal die Kapillare in ihrem vollen Durchmesser (großer Abstand) getroffen hat.

4) Im Schnitt durch die Hilusebene eines älteren Glomerulum, das zahlreiche Längszüge der Kapillare in Richtung auf den Hilus aufweist, wird durch die Kapillarbegrenzungsline eine Figur gezeichnet, die den Umrissen einer Hand mit gespreizten Fingern ähnelt. Die Fläche des Handtellers wird dabei von Zellen des Glomerulumstiels eingenommen; die Finger entsprechen je einer Kapillarschlinge. Da zwischen den Schenkeln der Schlinge Zellen des Glomerulumstiels liegen, färbt sich nur das äußere Kapillargrundhäutchen an.

Offenbar haben BORST (1931) sowie TRABACCO und MARQUEZ (1952) die vorstehend geschilderten Verhältnisse auch beobachtet. BORST beschreibt einen Blutsee am Eingang des Glomerulum, von dem 2 bis 5 Kapillarstränge entspringen.

TRABACCO und MARQUEZ deuten diese Beobachtungen als sackartige Ausstülpungen, die an einer Kapillare fingerförmig nach einer Seite auswachsen. Ist diese Entwicklung abgeschlossen, soll die Kapillare an der Stelle der Ausstülpungen einknicken, die beiden Schenkel sollen sich dann nebeneinanderlegen und so vas afferens und vas efferens bilden.

Podozyten

Die der Glomerulumkapillare außen aufsitzenden Zellen nennt GERLACH (1848) Epithelzellen, ZIMMERMANN (1929) Deckzellen, später Oberflächenzellen, nachdem er Protoplasmafüßchen beobachtet hatte, die die Oberfläche der Kapillare berühren. Nachdem HALL (1953) elektronenmikroskopisch wiederum die Füßchen dieser Zellen nachweisen konnte, ist der von ihm geprägte Begriff "Podozyten" allgemein gebräuchlich geworden. Die eigenen Ergebnisse zeigen der intraglomerulären Kapillarmembran außen angelagerte Zellen, die einen großen Kern aufweisen neben einem schmalen Plasmasaum. Dieser Plasmasaum berührt gleichsam füßchenartig die Kapillarmembran. Diese "Podozyten" sind Teil des visceralen Blattes der Bowmanschen Kapsel, sie stammen demnach entwicklungsgeschichtlich von dem Epithel des Bläschens ab. Vermutlich werden die Podozyten von dem Epithel der Bowmanschen Kapsel bei Wachstum und Ausdifferenzierung der Kapillare immer wieder bereitgestellt.

Der juxtaglomeruläre Apparat

Wie BOHLE u. Mitarb. (1966) ausführen, wurden die grundlegenden Untersuchungen zur Struktur des juxtaglomerulären Apparates von GOORMAGHTIGH (1952) vorgenommen. Aufgrund seiner Beobachtungen zählt er zum juxtaglomerulären Apparat die in der Media des vas afferens gelegenen epitheloiden Zellen und die im Winkel zwischen den Hilusgefäßen der Bowmanschen Kapsel gelegenen kleinen protoplasmaarmen Zellen, die sog. Goormaghtigh'schen Zellen. Zahlreiche Autoren werden genannt, die die Struktur dieser Zellen

untersuchten und dabei feststellten, daß diese elektronen-optisch Strukturbesonderheiten mit inkretorisch wirksamen Drüsen gemeinsam haben.

Die in der vorliegenden Studie durchgeführten Untersuchungen an fetalen bzw. jungen postpartalen Mäusenieren zeigen kein deutliches Hervortreten der Zellen des juxtaglomerulären Apparates in Form, Lage oder Anzahl. Eine Aussage über die Feinstruktur kann aufgrund der angewendeten Methode nicht gemacht werden.

"Der S-förmige Körper"

Frühere Untersucher (HERRING, SCHREINER, HUBER, JOKELAINEN, POTTER) haben immer wieder einen S-förmigen Körper beschrieben, der nach ihrer Meinung ein Wachstumsstadium des Bläschens kurz vor dem Anschluß an das Sammelrohr darstellen soll.

Aufgrund der eigenen Ergebnisse handelt es sich bei dem S-förmigen Körper jedoch um die Entwicklungsphase, in der der Seitensproß mit dem Bläschen anastomosiert und sich die mehrfach beschriebene Furche ausbildet. Die genannten Autoren bezeichneten den Seitensproß bis zur Anastomose mit dem Bläschen als oberen S-Bogen, die Doppelwand des gefurchten Bläschens als unteren S-Bogen. Da die Autoren die von HERRING entwickelte Vorstellung der vom Sammelrohr unabhängigen Entwicklung der Bowmanschen Kapsel und des Tubulus vertreten haben, zweifelten sie nicht an einer sekundären Verbindung des S-förmigen Körpers mit dem Sammelrohr. Darüberhinaus trug die Tatsache, daß das Sammelrohr und der mit dem Bläschen anastomosierende Seitensproß in diesem Stadium nicht in einer Ebene liegen, sondern winklig versetzt sind, dazu bei, daß die Untersucher im Einzelschnitt stets das Sammelrohr und das gefurchte Bläschen mit anastomosierendem Seitensproß als zwei getrennte Strukturen gedeutet haben. In Wirklichkeit sind aber beide Strukturen diagonal angeschnitten, was erst durch Serienschritte nach dem von uns angewandten Verfahren

aufgeklärt werden konnte. Trotzdem haben JOKELAINEN und POTTER schon auf eine wichtige Zellunterscheidung aufmerksam gemacht, als sie die Zellen oberhalb der Furche als "Urzellen des Tubulus", die Zellen unterhalb der Furche als "Urzellen der Bowmanschen Kapsel" bezeichnet haben. Die Richtigkeit ihrer Ergebnisse wird durch den anastomosierenden Seitensproß erklärt.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht durch Anwendung einer neuen Schnitt- und Färbetechnik, die gewissermaßen zwischen der Elektronenmikroskopie und der Lichtmikroskopie steht, die Entwicklung des Glomerulum sowie die räumliche Anordnung im Kapillarknäuel zu analysieren. Untersucht wurden verschieden alte fetale und postpartale Mäusenieren nach Mikropräparation und deren weiterer Verarbeitung nach Doppelfixierung.

Die eigenen Untersuchungen haben gezeigt, daß:

1. die Bowmansche Kapsel weder durch aktive oder passive Einstülpung des Tubulusendabschnitts noch durch Umwandlung eines Bläschens in einen S-förmigen Körper entsteht, aus dem die Kapsel und der proximale Tubulusabschnitt hervorgehen, wie die Mehrzahl früherer Untersucher angenommen hat. Für die Bowmansche Kapsel wird vielmehr eine nur mit einer Differenzierungsrichtung induzierte Zellgruppe bereitgestellt, an die nach Bläschenbildung und Einstülpung des Bläschens sowohl das blutführende als auch das harnführende System Anschluß gewinnen und dadurch das zusammengesetzte Funktionssystem "Nephron" entstehen lassen;
2. die herrschende Vorstellung von der räumlichen Anordnung des glomerulären Kapillarknäuels als fächerförmige Aufteilung und Wiederverschmelzung einer Kapillare nicht zutrifft. Das Kapillarknäuel besteht vielmehr aus einer einzigen in viele Windungen gelegten Kapillare.

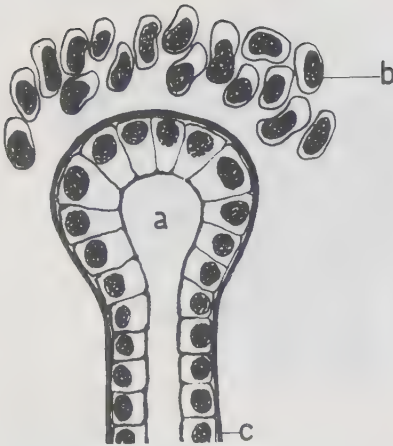


Abb. 1

Gegen die Peripherie der Niere vorwachsender Sammelrohrspröß

- a) Sammelrohrspröß c) basale Membran
b) mesenchymales Blastem

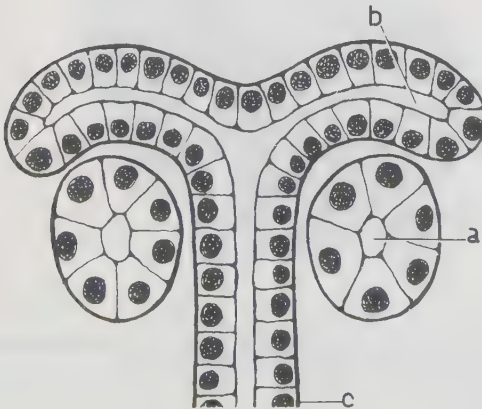


Abb. 2

Ausbildung kreisförmiger Körperchen beiderseits neben dem sich teilenden Sammelrohr

- a) kreisförmige Körperchen c) basale Membran
b) Seitensprosse des Sammelrohrs

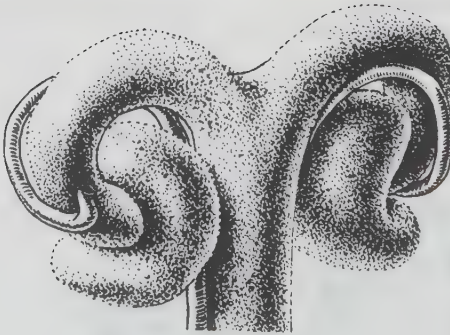
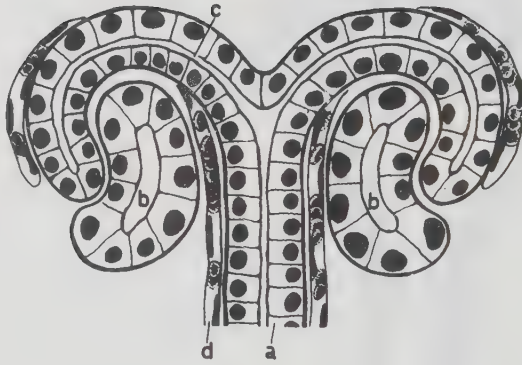


Abb. 3

Bläschen von Seitensprossen im Uhrzeigersinn
und im Gegenuhrzeigersinn umwachsen

- a) Sammelrohr
- b) Bläschen
- c) Seitensprosse
- d) Kapillare

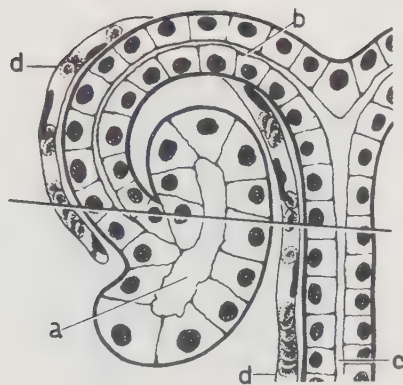


Abb. 4

Verbindung zwischen Seitensproß und Bläschen

- | | |
|------------------------------|---------------|
| a) Bläschen | c) Sammelrohr |
| b) zylindrischer Seitensproß | d) Kapillare |

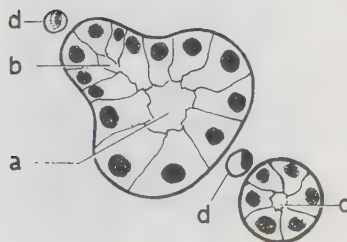


Abb. 5

Verbindung von Bläschen und Seitensproß im Horizontalschnitt

- | | |
|----------------|---------------|
| a) Bläschen | c) Sammelrohr |
| b) Seitensproß | d) Kapillare |

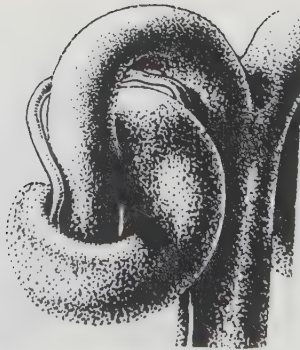
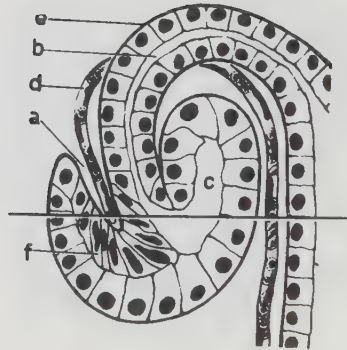


Abb. 6

Keilförmiger Spalt im Bläschen

- | | |
|---------------|------------------|
| a) Spalt | d) Kapillare |
| b) Sammelrohr | e) Membran |
| c) Bläschen | f) flache Zellen |

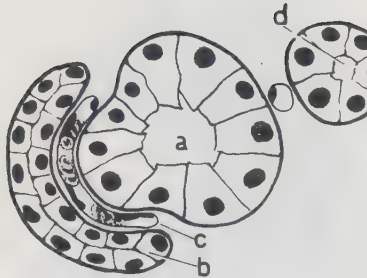


Abb. 7

Horizontalschnitt zu Abb. 6

- | | |
|--|---------------|
| a) Seitensproß | c) Kapillare |
| b) lippenförmiger Wulst
des Bläschens | d) Sammelrohr |

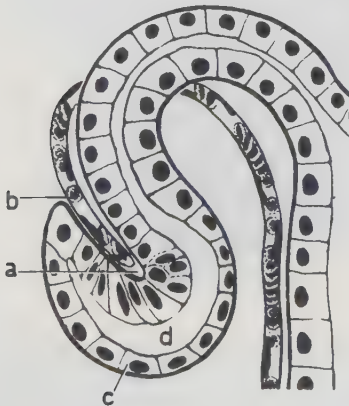


Abb. 8

Hohlraumbildung zwischen den Epithellagen

- | | |
|--------------|-------------------------|
| a) Spalt | c) flache Epithelzellen |
| b) Kapillare | d) Hohlraum |

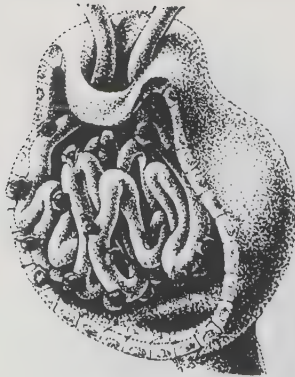
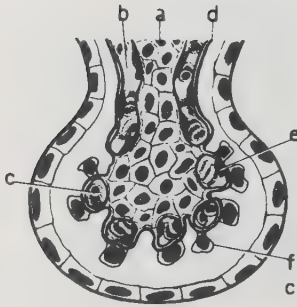


Abb. 9

Ballonartige Erweiterung der Furche

- | | |
|--|--------------------------------------|
| a) Mesenchymzellen | d) Grundmembran |
| b) Kapillare | e) Endothelzellen |
| c) Hohlräume, die Erythrozyten enthalten | f) Zellen mit füschen-artigem Plasma |

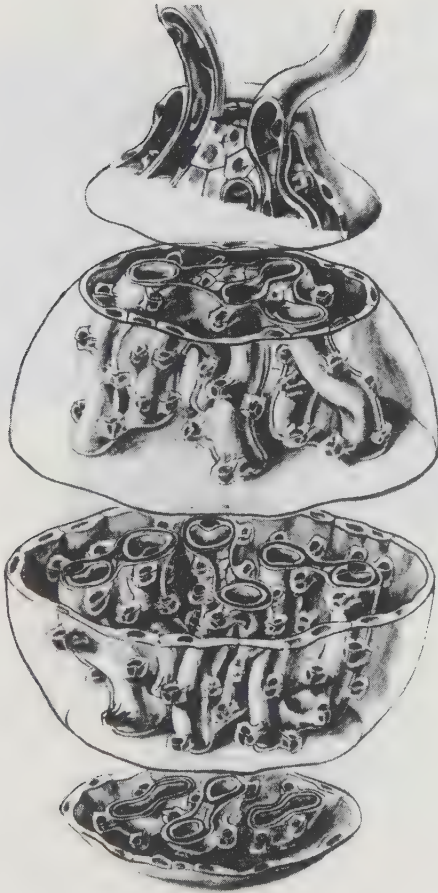
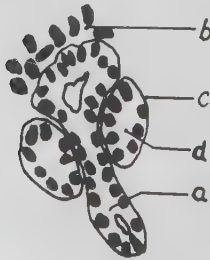
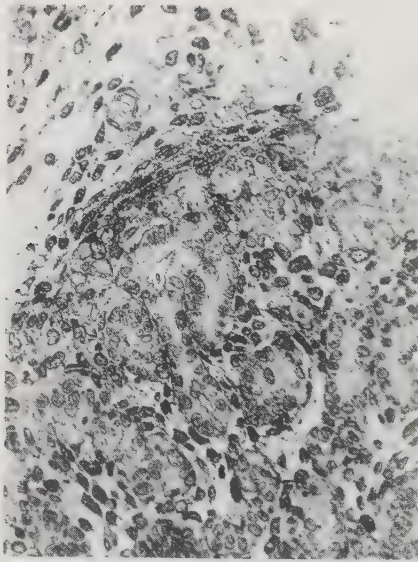


Abb. 10

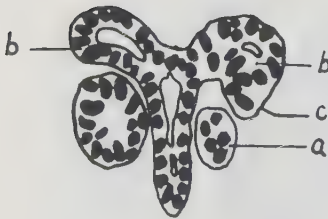
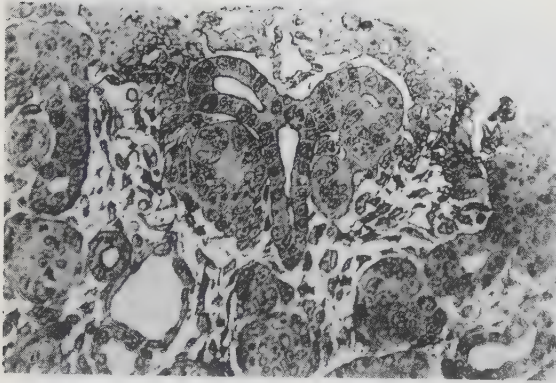
Blocksnitte eines Kapillarknäuels der
Bowmanschen Kapsel

Beachte das viscerale Blatt der Bowmanschen
Kapsel, das die Kapillarschlingen umhüllt.
Es stellt sich in den Schnittebenen als
geschlängelte Membran dar.



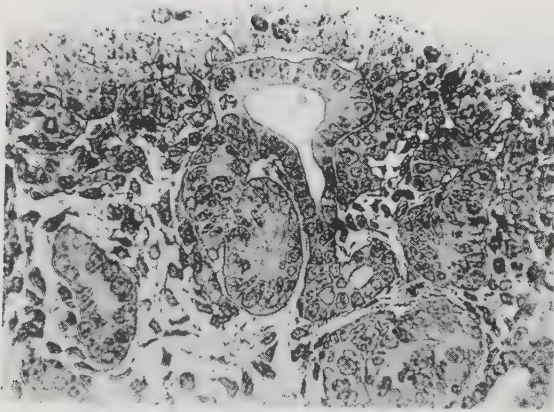
Gegen die Peripherie der Niere vorwachsender Sammelrohrsproß
mit Ausbildung kreisförmiger Körperchen (s. Abb. 1+2)

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| a) Sammelrohrsproß | c) basale Membran |
| b) mesenchymales Blastem | d) kreisförmiges Körperchen |



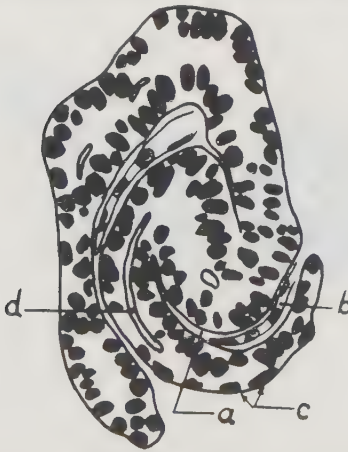
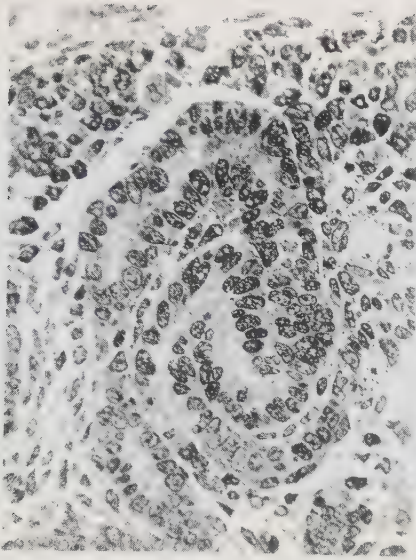
Sich teilender Sammelrohrspross oberhalb der sich ausbildenden kreisförmigen Körperchen (s. Abb. 2)

- a) kreisförmiges Körperchen
- b) Seitensprosse des Sammelrohrs
- c) basale Membran



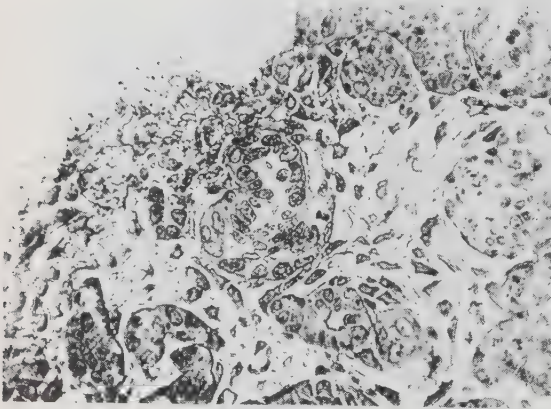
Sammelrohr mit Seitensproß, der ein renales Bläschen
im Gegenuhrzeigersinn umwächst (s. Abb. 3)

- a) Sammelrohr
- b) Bläschen
- c) Seitensproß



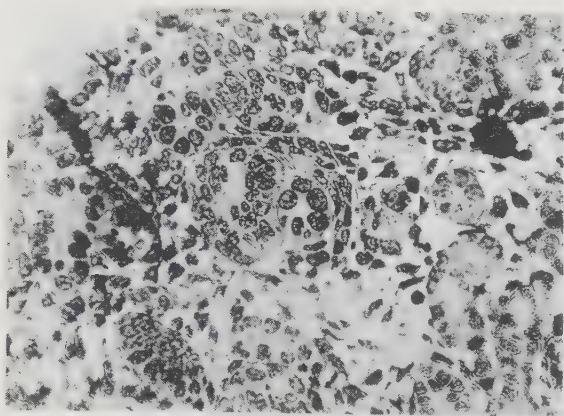
Verbindung zwischen Seitensproß und Bläschen. Kapillarverlauf neben dem Sammelrohr und im Spaltraum des Bläschens. Hohlraum-bildung zwischen den Epithellagen. (s. Abb. 4;6;8)

- | | |
|--------------|-------------------------|
| a) Spalt | c) flache Epithelzellen |
| b) Kapillare | d) Hohlraum |



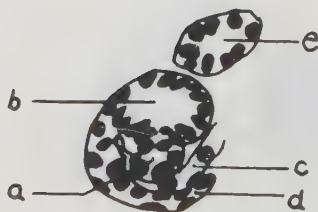
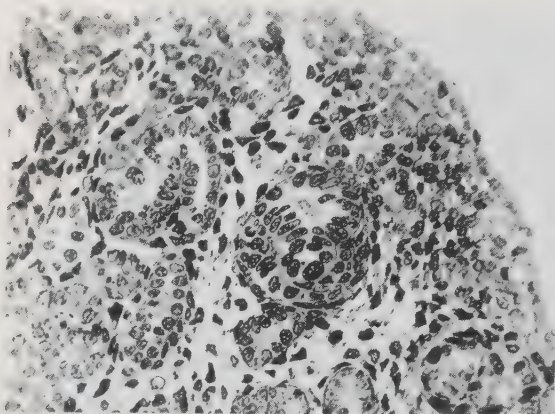
Verbindung zwischen Seitensproß und Bläschen hergestellt.
Kapillare im Spaltraum des Bläschens. (s. Abb. 6)

- | | |
|----------------|------------------|
| a) Spalt | d) Kapillare |
| b) Seitensproß | e) Membran |
| c) Bläschen | f) flache Zellen |



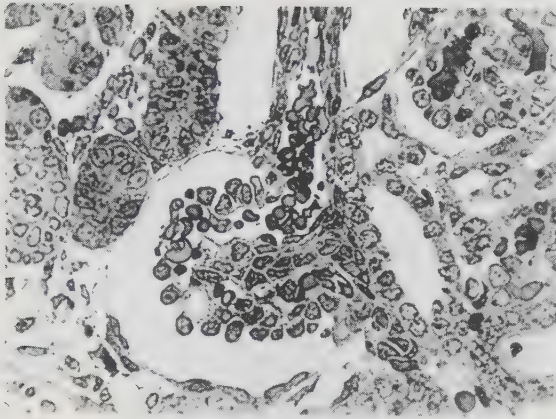
Situation von Abb. 6 im Horizontalschnitt. Seitensproß und Bläschen kurz vor der Verbindung. (s. Abb. 7)

- | | | | |
|----|------------------------------------|----|------------|
| a) | Seitensproß | d) | Kapillare |
| b) | Bläschen | e) | Sammelrohr |
| c) | lippenförmiger Wulst des Bläschens | | |



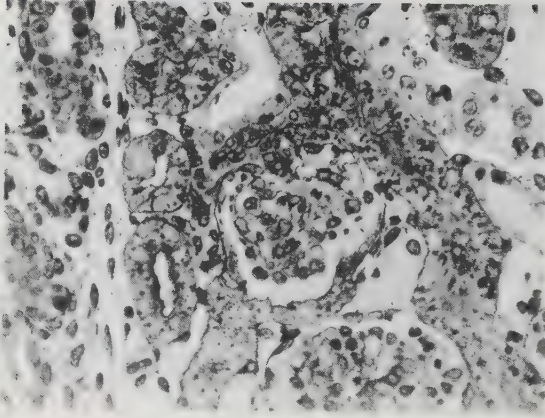
Situation von Abb. 6 im Horizontalschnitt. Verbindung zwischen Seitensproß und Bläschen hergestellt. (s. Abb. 7)

- | | |
|---------------------------------------|---------------|
| a) Seitensproß | d) Kapillare |
| b) Bläschen | e) Sammelrohr |
| c) lippenförmiger Wulst des Bläschens | |



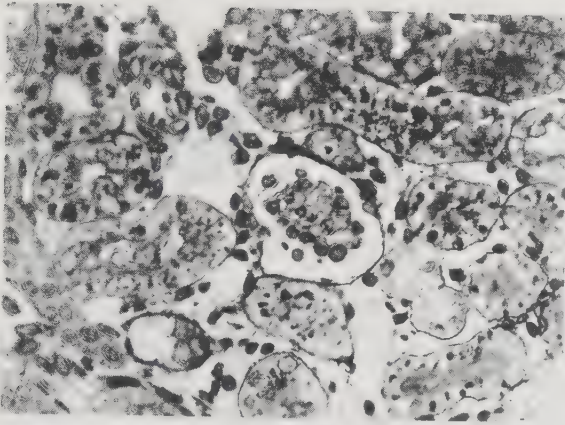
Ballonartige Erweiterung der Furche mit einziehender Kapillare entlang der Mesenchymzellen. (s. Abb. 9)

- | | |
|--|-------------------------------------|
| a) Mesenchymzellen | d) Grundmembran |
| b) Kapillare | e) Endothelzellen |
| c) Hohlräume, die Erythrozyten enthalten | f) Zellen mit füschenartigem Plasma |



Schnittebene durch den Hilus eines Kapillarknäuels.
Der Membranverlauf ähnelt etwa den Umrissen einer
gespreizten Hand.

- | | |
|-----------------|-------------------------------------|
| a) Membran | c) Mesenchymzellen |
| b) Erythrozyten | d) Zellen mit füschenartigem Plasma |



Schnittebene durch den peripheren Anteil eines Kapillarknäuels. Membranverlauf zeigt schmale nebeneinanderliegende geschlängelte Bänder von unterschiedlichem Durchmesser. (s. Abb. 10)

- a) Membran
- b) Erythrozyten
- c) Zellen mit fächerartigem Plasma

LITERATURVERZEICHNIS

- BERNHARD, W. u. LEPLUS, R.: Structure fine du ganglion humain normal et malin. - Pergamon Press Oxford, Gauthier - Villars Paris, Mac Millan New York (1964)
- BOHLE, A. u. KRECKE, H.-J.: Zur Frage der Basalmembranen der Glomerulumschlingen in der Niere des Menschen. - Virchows Arch.path.Anat. 327: 663 (1955)
- BOHLE, A.: Neue pathol.-anatom. Befunde bei glomerulären Nierenerkrankungen. - Dtsch.Med.J. 15.Jg. Heft 10 (1964)
- BOHLE, A. u. SITTE, H.: Der juxtaglomeruläre Apparat der Niere. - In: Aktuelle Probleme der Nephrologie von WOLFF, H.P. u. KRÜCK, F. pp. 3-18; Springer Verlag Berlin -Heidelberg-New York (1966)
- BORST, J.G.G.: Der Bau des normalen Glomerulus. - Zschr. mikrosk.-anat.Forsch. 23: 455-483 (1931)
- BOWMAN, W.: On the structure and use of the Malpighian bodies of the kidney, with observations on the circulation through that gland. - Philos.Transact.Roy.Soc.London 132: 57-80 (1842)
- DETTMER, N. u. SCHWARZ, W.: Die qualitative elektronenmikroskopische Darstellung von Stoffen mit der Gruppe CHOH-CHOH. Ein Beitrag zur Elektronenfärbung. - Zschr.wiss.Mikrosk. 61: 423-429 (1952/53)
- EDWARDS, J.G.: The development of the efferent arteriole in the human metanephros. - Anat.Rec. 109: 495-501 (1951)
- ELIAS, A.H.: De structura glomeruli renalis. - Anat.Anzeig. 104: 26-36 (1957)
- GERLACH, J.: Zur Anatomie der Niere. - Arch.Anat.Physiol. pp. 102-112 (1848)
- GOORMATIGHIGH, N.: Les segments neuromyoartériels juxta-glomérulaires du rein. - Arch. de Biol. 42: 575 (1932)
- HALL, B.V.: Studies of normal glomerular structure by electron microscopy. - Proc. Fifth Ann. Conf. on Nephrotic Syndrome New York, pp. 1-39; National Nephrosis foundation (1953)
- HALL, B.V.: Further studies of the normal structure of the renal glomerulus. - Proc. Sixth Ann. Conf. on Nephrotic Syndrome New York, pp. 1-21. National Nephrosis foundation (1955)

HALL, B.V. u. ROTH, L.E.: Preliminary studies on the development and differentiation of cells and structures of the renal corpuscle. - Proc. Stockholm Conf. on Electron Microscopy, pp. 176-179; Almqvist u. Wiksell Stockholm (1956)

HERRING, P.T.: The development of the Malpighian bodies of the kidney and its relation to pathological changes which occur in them. - J.Path. and Bact. 6: 459-495 (1900)

HUBER, G.C.: On development and shape of uriniferous tubules of certain higher mammals. - Amer.J.Anat. suppl 4: 1-98 (1905)

JOHNSTON, W.B.: A reconstruction of a glomerulus of the human kidney. - Anat.Anz. 16: 260-266 (1899)

JOKELAINEN, P.: Electron microscope study of early development of rat metanephric nephron. - Acta Anat. (suppl 47) Vol. 52: 7 (1963)

KURTZ, S.M.: The electron microscopy of the developing human renal glomerulus. - Exp.Cell.Res. 14: 355-367 (1958)

MAC GREGOR, L.: The finer histology of the normal glomerulus. Amer.J.Path. 5: 545 (1929)

MASSHOFF, W., KÖHLER, E. u. H-J.STOLPMANN: Der Einfluß von Aminonucleosid auf die Nieren von Feten. - Frankf.Zschr. Path. 75: 100-114 (1966)

MOVAT, H.Z.: Silver impregnation methods for electron microscopy. - Amer.J.clin.Path. 35: 528-530 (1961)

OSATHANONDH, V.: Zitiert von POTTER, E.L. in: Development of human glomerulus. - Arch.Path.Vol. 80: 241-255 (1965)

PALADE, G.E.: A study of fixation for electron microscopy. J.exper.Med. 95: 285-298 (1952)

POTTER, E.L.: Development of human glomerulus. - Arch.Path. Vol. 80: 241-255 (1965)

PREISSECKER, E.: Genitalzyklus der Nager. - In: Pathologie der Laboratoriumstiere von COERS, P., JAFFE, R. u. E.FREESSEN 1.Bd.: 417-419; Springer Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg (1958)

REMAK, R.: Untersuchungen über Bau und Entwicklung der Niere. - Zitiert von NAGEL, W. in: Über die Entwicklung des Urogenitalsystems des Menschen. - Arch.mikr.Anat. 34: 269-359 (1889)

SABATINI, D.D., MILLER, F. u. R.J. BARNETT: Aldehyde fixation for morphological and enzyme histochemical studies with the electron microscope. - J.Histochem.Cytochem. XII: 57-72 (1964)

SCHREINER, K.E.: Über die Entwicklung der Amniotenniere. Z.wiss.Zool. 71: 1-188 (1902)

STARCK, E.: Entwicklung der Harnorgane beim Menschen. In: Embryologie pp. 477-483; Georg Thieme Verlag Stuttgart (1955)

STOLPMANN, H-J.: Die postkapillären Venen im postnatalen Mäuselymphknoten. - Vortrag auf der 91. wissenschaftl. Sitzung der Berliner Gesellschaft für Pathologie 9.3.1965

THOENES, G.: Giemsa-Färbung an Geweben nach Einbettung in Polyester ("Vestopal") und Methacrylat. - Zschr.wiss. Mikrosk. 64: 406-413 (1960)

TOLDT, C.: Untersuchungen über das Wachstum der Nieren des Menschen und der Säugetiere. - S.Ber.Akad.Wiss.Wien 69: 123-150 (1874)

TRABACCO, A. u. MARQUEZ, F.: Structure of glomerular tuft. J.Urol. 67: 235 (1952)

YAMADA, E.: The fine structure of the renal glomerulus of the mouse. - J.biophys.biochem.Cytol. 1: 551 (1955)

ZIMMERMANN, K.W.: Über den Bau des Glomerulus der menschlichen Niere. - Zschr.mikrosk.-anat.Forsch. 18: 520-552 (1929)

ZIMMERMANN, K.W.: Über den Bau des Glomerulum der Säugerniere, Weitere Mitteilungen. - Zschr.mikrosk.-anat.Forsch. 32: 176-278 (1933)

Herrn Professor Dr. med. Wilhelm MaShoff, Direktor des Pathologischen Instituts der Freien Universität Berlin, sage ich meinen aufrichtigen Dank für die Überlassung des Themas und die stets kritischen Ratschläge bei der weiteren Ausarbeitung.

Herr Dr. med. Hans-Joachim Stolpmann gab mir wichtige Hinweise für den Umgang mit Versuchstieren.

Frau Marianne Hinz leitete mich bei der Arbeit am Mikrotom an.

Herr Günther Heinze fertigte die Mikrophotografien an.

Herr Ulrich Trost zeichnete nach meinen Angaben die schematischen Abbildungen.

Ihnen allen sei an dieser Stelle nochmals gedankt.

Lebenslauf

Ich, Armin Fenselau, wurde am 29.9.1938 als drittes Kind des Chirurgen und Gynäkologen Dr. med Hans Fenselau und seiner Ehefrau Erika geb. Becker in Strausberg bei Berlin geboren. Ab Ostern 1944 besuchte ich die Volksschule Strausberg bis zu ihrer Zerstörung Februar 1945. Nach dem Kriege verzogen wir nach Bad Pyrmont, wo mein Vater eine neue Praxis aufbaute. Hier besuchte ich vom November 1945 bis März 1949 die Volksschule, wechselte dann auf das Gymnasium Bad Pyrmont über und legte dort Ostern 1959 meine Reifeprüfung ab. Danach leistete ich den verlängerten Grundwehrdienst von 18 Monaten bei der Bundesmarine ab und wurde nach bestandener Seeoffizierprüfung als Fähnrich zur See entlassen. Im November 1960 begann ich das Studium der Humanmedizin an der Freien Universität Berlin und legte hier am 15.8.1963 mein Physikum und am 24.5.1967 mein Staatsexamen ab. Während meiner Medizinalassistentenzeit habe ich 6 Monate an der II. Medizinischen Klinik der Freien Universität (Prof. Dr. Schwab) gearbeitet und bin im Augenblick an der Frauenklinik am Mariendorfer Weg tätig. Seit dem 5.7.1963 bin ich mit Karin Fenselau geb. Hanke verheiratet.

Armin Fenselau.

